



TITLE:

Structural Behavior of Reinforced Concrete Elements and Subassemblies under Fire Conditions(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Mohammad, Mahdi Raouffard

CITATION:

Mohammad, Mahdi Raouffard. Structural Behavior of Reinforced Concrete Elements and Subassemblies under Fire Conditions. 京都大学, 2018, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2018-03-26

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21066>

RIGHT:

許諾条件により本文は2019-02-01に公開

京都大学	博士（ 工学 ）	氏名	Mohammad Mahdi Raouffard
論文題目	Structural Behavior of Reinforced Concrete Elements and Subassemblies under Fire Conditions (鉄筋コンクリート部材および部分架構の火災時構造挙動)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、耐火試験および数値解析シミュレーションにより鉄筋コンクリート部材と骨組の高温時と加熱後の構造性能を解明しようとするものである。特に、コンクリートと鉄筋の付着性状、これが部材の高温時挙動に及ぼす影響、火災後残存構造性能、コンクリートのひび割れが鉄筋コンクリート部材の内部温度分布と高温時構造性能に及ぼす影響について検討している。本論文は以下の7章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、耐火研究の重要性について述べ、本研究の目的、概要、既往の研究に対する位置付けが記載されている。</p> <p>第2章では、コンクリートと鉄筋の材料的な高温時特性について、過去の研究に基づきまとめている。また、鉄筋コンクリート梁、柱、スラブおよびこれらの部材からなる骨組に対する既往の耐火研究を解説している。</p> <p>第3章では、梁やスラブの耐火試験を行う水平炉を利用し、常時鉛直荷重を作用させながら、梁と下層部柱を加熱する、鉄筋コンクリート柱梁骨組の耐火試験について報告している。試験体は、H型の鉄筋コンクリート造柱梁骨組の柱上端どうし、下端どうしをH形鋼梁で接続することにより作製された鉄筋コンクリート造2層1スパン不静定架構である。このような実験方法により、載荷用の特別な装置を用意することなく鉄筋コンクリート柱梁骨組に対する耐火試験を可能にしている。試験体は2体製作され、1体は常時鉛直荷重を支持できなくなるまで加熱することで、終局時構造性能までを追跡し、もう1体は60分だけ加熱した。本耐火試験により、骨組内部での温度分布、梁の伸びによって側方への力を受ける柱の挙動などについての知見を得た。さらには、不静定骨組特有の、梁の耐力低下に伴うモーメント再配分についても測定結果に基づき考察を加えている。60分加熱した試験体に対しては、火災後の残存構造性能を調べるため、耐火試験数ヶ月後にこの骨組に対する常温での静的載荷試験を行っている。残存構造性能は有限要素数値解析によっても追跡している。</p> <p>第4章では、コンクリートに埋め込んだ鉄筋に対して、常温から600℃までの温度下で行った静的引抜試験について報告している。試験体は、直径150mm、高さ300mmのコンクリートシリンダーに公称径19mmのSD345鉄筋を埋め込んだものである。鉄筋上下112mmではコンクリートとの付着を取り去り、載荷板との摩擦による拘束効果を低減している。したがって、試験区間は76mm（公称径の4倍）となっている。実験からコンクリートと鉄筋間の付着応力-すべり関係を得た。実験結果に基づき、fibが提案</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	Mohammad Mahdi Raouffard
<p>している付着応力-すべり関係モデルを修正する形で、新たなモデルを提案した。さらに、第3章で用いられた試験体と同様の形状となっているが、梁の中央部を接合せずに、2体のト形柱梁接合部骨組とした試験体に対する耐火試験を行った。本試験では、一方の片持ち梁先端に下向きの力を、他方の片持ち梁先端に上向きの力をそれぞれ加えた。静的引抜試験に基づいて提案したコンクリートと鉄筋間の付着応力-すべりモデルを本片持ち梁に適用し、たわみの伸展予測を行った。その結果、高温による付着性能の低下がたわみの伸展に及ぼす影響は大きくないことを指摘している。</p> <p>第5章では、ひび割れ幅を実験変数とした、モルタルや鉄筋コンクリート造梁に対する耐火試験により、ひび割れがコンクリート内部温度分布と耐火性能に与える影響について調べている。モルタル試験体は、断面80mm×125mm、長さ230mmの直方体であり、厚さの異なるテフロンシートをモルタル中に打ち込むことにより、0.3mmと5.0mmのひび割れを設定した。試験体を小型の筒状炉において1000℃近くまで加熱し、試験体内の温度分布を測定した。その結果、ひび割れ幅によって温度分布の違いが見られたが、構造的な見地からは耐火性評価に取り入れるほどではないとの知見を得た。さらには、300mm×400mm断面、全長3100mmの梁試験体に対する耐火試験から、ひび割れ幅が及ぼす部材構造性能への影響を調べた。試験体は、載荷せずひび割れなし、常時鉛直荷重作用時（測定平均ひび割れ幅0.15mm）、短期荷重作用時（同1.29mm）、過大変形後常時鉛直荷重作用時（同1.17mm）の4体である。梁底部にノッチを設け、ひび割れを所定の位置（温度分布測定断面）に誘導した。ひび割れ幅の大きさによって、温度分布には有意な差が見られたが、これにはいくつかの要因が挙げられ、その機構を説明するまでには至っていない。</p> <p>第6章では、3章と5章の骨組および梁の耐火試験に有限要素解析を適用し、鉄筋コンクリート部材および骨組の高温時構造性能に関して、温度分布や高温時挙動についての知見を得た。特に不静定骨組に対する解析では、梁の伸びを両端の柱が拘束することにより、梁の終局強度が上昇するとともに、拘束する柱も塑性化する様子が見られた。さらに梁のたわみが大きくなった場合、に生じると予想されるカタナリー作用についても議論されている。</p> <p>第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約するとともに、鉄筋コンクリート構造に対する今後の耐火研究の方向性について論じている。</p>			

氏 名	Mohammad Mahdi Raouffard
-----	-----------------------------

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、建築構造骨組の高温時構造性能に基づいて耐火設計を可能とするため、耐火試験および数値解析シミュレーションにより鉄筋コンクリート部材と骨組の高温時構造性能を解明しようとするものである。特に、コンクリートと鉄筋の付着性状、これが部材の高温時挙動に及ぼす影響、火災後残存構造性能、コンクリートのひび割れが鉄筋コンクリート部材の内部温度分布と高温時構造性能に及ぼす影響について検討している。得られた成果は次のとおりである。

1. 梁やスラブの耐火試験を行う水平炉を利用し、常時鉛直荷重を作用させながら行った鉄筋コンクリート柱梁不静定骨組に対する耐火試験において、1 体は常時鉛直荷重を支持できなくなるまで加熱することで、終局時構造性能までを追跡し、もう 1 体は 60 分だけ加熱し、後に常温での静的載荷試験を行うことにより火災後残留構造性能を得た。本実験のように不静定骨組に対して載荷を行いながら耐火試験を行う研究例は少なく、建築物の耐火設計を行う上での貴重なデータが得られている。また、有限要素解析結果を実験結果と比較検討することにより、解析手法妥当性の検証を行うとともに、高温時の建築骨組挙動の追跡と分析を行った。
2. コンクリートに埋め込んだ鉄筋に対して、常温から 600℃までの温度下で行った静的引抜試験に基づき、コンクリートと鉄筋間の付着応力-すべり関係を得た。実験結果に基づき、fib が提案している付着応力-すべり関係モデルを修正する形で、新たなモデルを提案した。さらに、ト形梁柱接合部骨組に対して、提案している付着応力-すべり関係モデルを適用し、たわみの伸展予測を行った。その結果、高温による付着性能の低下がたわみの伸展に及ぼす影響は[コンクリートや鉄筋のヤング係数低下に起因するたわみの伸展に比べて](#)大きくないことを指摘している。
3. モルタル直方体や鉄筋コンクリート造梁に対する加熱試験により、ひび割れ幅が鉄筋コンクリート部材内部温度分布と耐火性能に与える影響について調べた。モルタル試験体においては、ひび割れ幅によって温度分布の違いが見られたが、測定結果のばらつきを考慮し、構造的な見地からは耐火性評価に取り入れるほどではないとしている。梁試験体に対する耐火試験からは、ひび割れ幅の大きさによって、温度分布と構造性能には有意な差が見られたが、これにはいくつかの要因が挙げられ、その機構の解明は今後の課題としている。

本論文は、鉄筋コンクリート部材と骨組の耐火設計を行う上で基礎となる重要な知見を与えており、学術上、実際に寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年1月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

博士後期課程研究指導認定報告書

建築学 専攻

進（入）学年度	氏 名	研 究 題 目
平成27年度	Mohammad Mahdi Raouffard	Structural Behavior of Reinforced Concrete Elements and Subassemblies under Fire Conditions (鉄筋コンクリート部材および部分架構の火災時の構造挙動)
平成27年度	井戸 裕一 勇樹	水平二方向加力を受ける鉄筋コンクリート造耐震

上記のとおり研究指導を行ったことを認定します。

平成 年 月 日

指 導 教 員 西山 峰広

専 攻 長 三浦 研

書式変更：両端揃え

書式変更：両端揃え

書式変更：両端揃え

書式変更：インデント：最初の行： 0 字

書式変更：インデント：左 0 字

